

三种植物物料对两种茶园土壤酸度的改良效果^①

王 宁^{1,2}, 李九玉^{1,2}, 徐仁扣^{1*}

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室 (中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008;

2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 用室内培养实验研究了稻草、花生秸秆和紫云英在 5、10 和 20 g/kg 的加入量水平下对茶园黄棕壤和茶园红壤酸度的改良效果。结果表明: 除了黄棕壤加入紫云英处理会降低土壤的 pH 外, 其余所有加入植物物料的处理均使土壤 pH 有不同程度的增加, 使土壤交换性酸和交换性 Al 的数量减小, 使土壤交换性盐基阳离子和盐基饱和度增加。有机物料对土壤酸度的改良效果与有机物料灰化碱和 N 含量有关, 灰化碱和有机 N 的矿化使土壤 pH 升高, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化使土壤 pH 降低。3 种植物物料中花生秸秆对土壤酸度的改良效果优于紫云英和稻草。加入植物物料使红壤中有毒形态 Al 的浓度显著减小, 说明植物物料能够缓解红壤中 Al 对植物的毒害。

关键词: 植物物料; 茶园土壤; 酸度改良; 土壤 pH; 交换性铝; 可溶性铝

中图分类号: S153

茶树是一种重要的喜酸好铝 (Al) 的经济作物, 适宜在 pH 4.5 ~ 6.0 范围内的酸性土壤上生长, 其中 5.5 是最适 pH 值^[1]。茶树的生长会加速土壤的酸化, 并且茶园土壤的酸度随着茶树种植年限的增加而不断提高^[2-3]。茶树生长对 Al 的大量富集, 并通过凋落物返还到茶园土壤表层, 从而使土壤深处的 Al 逐渐在土壤表层富集, 增加了表层土壤中可溶性 Al 的数量。茶树自身的物质循环是引起茶园土壤酸化的主要原因^[4-5], 含有较高浓度的活性 Al 是酸性茶园土壤的特点之一; 另一方面, 生理酸性肥料的大量施用以及工业污染导致的酸性沉降等也是茶园土壤酸化的重要原因。土壤酸化导致土壤交换性 Al 和可溶性 Al 增加, Al 虽然有利于茶树生长, 但对土壤微生物系统有害^[6], 过量的 Al 对茶树生长和茶叶品质也会产生不利的影

响。传统而有效的改良土壤酸度的方法是施用石灰或者白云石粉, 但是这会增加农业生产成本并消耗宝贵的矿产资源, 因此需要开发新的改良措施来缓解茶园土壤酸度。

已有的研究表明, 一些植物物料或者树叶等在某种程度上能够中和土壤的酸度^[7-10], 植物物料导致土壤 pH 变化的方向和大小取决于植物物料中灰化

碱和 N 含量, 土壤的初始 pH 值以及植物物料分解的速度和程度也对中和效果有影响。培养实验结果表明, 培养初期土壤 pH 的波动主要由于植物物料 N 的矿化和硝化作用引起, 但是长期的土壤 pH 值变化主要取决于植物物料中灰化碱的含量^[11]。植物物料中灰化碱和 N 的矿化作用是导致土壤 pH 值升高的主要原因, 而 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化作用是导致土壤 pH 值下降的主要原因^[8,12]。加入植物物料还可以通过有机物对 Al 的络合作用降低酸性土壤中 Al 的毒害^[13-17]。

利用植物物料改良酸性土壤已有一些研究报道, 但以往的研究多在农业土壤上进行, 对酸性茶园土壤的研究很少。本研究比较了 3 种植物物料在不同加入量的条件下对 2 种酸性茶园土壤的改良作用, 并探讨其改良机理。由于植物物料资源丰富, 廉价易得, 而且相对于石灰来说是一种温和的改良剂, 特别适合茶园土壤。因此, 本文的研究结果对茶园土壤酸度的控制具有重要的实际意义。

1 材料和方法

1.1 土壤和植物物料

供试土壤分别采自江苏南京市郊茶园的黄棕壤和

①基金项目: 江苏省自然科学基金项目 (BK2006253)、国家支撑计划项目 (2006BAD05B02) 和国际科学基金项目 (C/4073-1) 资助。

* 通讯作者 (rkxu@issas.ac.cn)

作者简介: 王宁 (1985—), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要从事酸性土壤的改良和利用研究。E-mail: nwang@issas.ac.cn

江西鹰潭市郊茶园的土壤。土壤自然风干, 根据实验需要分别研磨过 1 mm、2 mm 筛备用, 土壤基本性质列于表 1。用于培养的植物物料分别为水稻秸秆、花生秸秆、紫云英, 80 °C 下烘干磨细过 2 mm 筛备用。

植物物料灰化碱用马弗炉灰化、酸溶解和 NaOH 返滴定法测定^[18]。将 2.0 g 植物样品置于 50 ml 的陶瓷坩埚中, 在马弗炉中慢慢加热至 200 °C, 并维持 1

h, 然后再加热至 500 °C 并维持 4 h。将灰化的样品溶于 20 mL 1.0 mol/L 的标准 HCl 溶液中, 取 5 mL 酸溶液用 0.25 mol/L 的 NaOH 滴定至中性, 根据酸碱滴定的结果计算灰化碱的量。另取一份植物灰化物的酸溶液, 用原子吸收光谱法测定植物物料 Ca、Mg 含量, 火焰光度法测定 K、Na 含量。植物物料的总 C 和总 N 含量用碳氮分析仪测定。植物物料化学成分列于表 2。

表 1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of tested soils

土壤类型	采样深度 (cm)	pH (H ₂ O)	有机质 (g/kg)	交换性 H (cmol/kg)	交换性 Al (cmol/kg)	交换性 K (cmol/kg)	交换性 Na (cmol/kg)	交换性 Ca (cmol/kg)	交换性 Mg (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)
黄棕壤	0~10	4.57	38.9	0.60	4.22	0.84	0.36	7.73	2.11	16.5
红壤	0~10	4.54	25.7	0.34	4.48	0.40	0.45	1.73	0.40	8.70

表 2 植物物料的化学成分

Table 2 Contents of elements and ash alkalinity of used plant materials

植物物料	灰化碱 (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	K (cmol/kg)	Na (cmol/kg)	总 C (%)	总 N (%)
稻草	33.6	3.51	1.98	31.64	2.37	41.25	0.87
花生秸秆	91.2	12.71	11.72	37.34	0.59	42.88	1.50
紫云英	84.0	14.49	5.82	32.42	1.01	44.34	4.65

1.2 培养实验设计

称取 150 g 风干土(过 2 mm 筛)放入塑料杯中, 加入植物物料, 每种植物物料的加入量分别为 5 g/kg、10 g/kg 和 20 g/kg, 与土壤充分混合均匀后, 用去离子水将土壤含水量调节至土壤田间持水量的 70%。塑料杯用保鲜膜封口, 并在保鲜膜中间留一小孔, 以便气体交换并防止水分损失过大。然后将塑料杯置于 25 °C 的恒温培养箱中培养, 每隔 3 天 称重 1 次并补充水分, 以保持土壤含水量恒定。在培养开始后的第 2、6、10、22 (或 17)、30 (或 24)、38、51 天取新鲜土样测定 pH 值。每个处理重复 3 次, 并设不加植物物料的处理作为对照。培养实验持续 51 天, 培养结束后将土壤样品取出风干, 磨细过 1 mm 筛供测定用。

1.3 培养结束后土壤分析测定

土壤 pH 按土水比 1:2.5 搅拌, 复合电极法测定; 土壤交换性酸用 1 mol/L 氯化钾溶液淋洗, 碱滴定法测定^[19]; 土壤交换性盐基离子的量用 1 mol/L 醋酸铵溶液浸提, 提取液中的 Ca 和 Mg 用原子吸收分光光度法测定, K 和 Na 用火焰光度法测定^[19]; 土壤

N 用 2 mol/L 氯化钾溶液浸提, NH₄⁺-N 用靛酚蓝比色法测定, NO₃⁻-N 用紫外分光光度法测定^[19]; 可溶性 Al 用去离子水按 1:2.5 的土水比提取, 8-羟基喹啉比色法测定^[20-21]。

1.4 数据处理

数据分析采用 SPSS 15.0 软件处理。

2 结果和讨论

2.1 不同植物物料加入量对茶园土壤 pH 值的影响

两种茶园土壤加入植物物料进行恒温培养, 培养不同时间土壤 pH 变化动态如图 1 所示。除了黄棕壤中加入紫云英培养 51 天 时, 土壤 pH 有所降低外, 其余所有处理的 pH 值均高于对照处理, 但不同植物物料导致土壤 pH 升高的幅度不同。pH 的升高幅度也随有机物料加入量的增加而增加。如以培养结束时 (51 天) 的数据进行比较, 黄棕壤用花生秸秆处理使土壤 pH 上升最多, 稻草处理次之, 紫云英处理 pH 则下降; 对红壤, 同样是花生秸秆处理使土壤 pH 升高最多, 紫云英处理与稻草处理数值相近。3 种植物物料在不同加入量时对红壤 pH 的增加作用均优于黄棕壤。

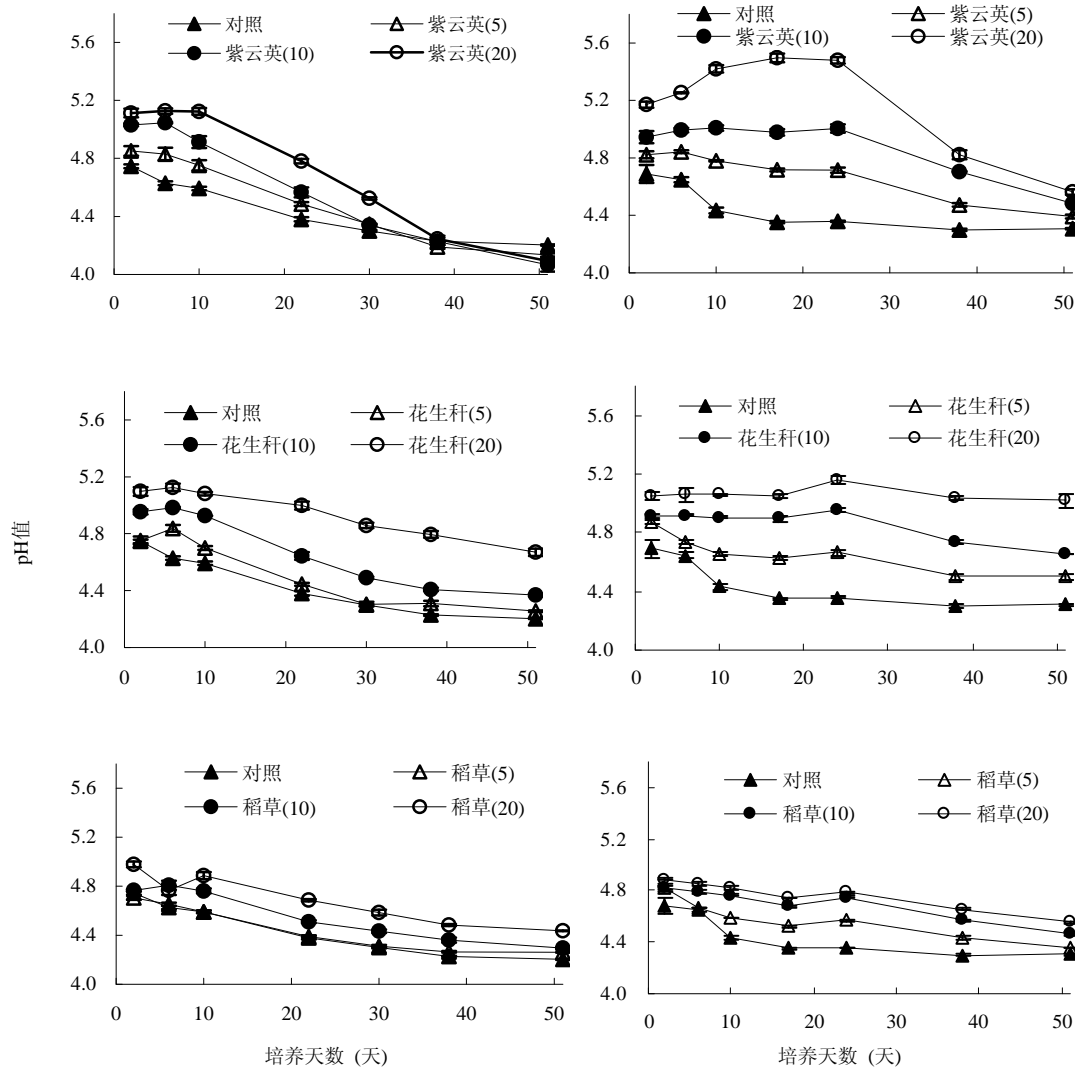


图 1 加入植物物料后土壤 pH 随培养时间的变化趋势 (左栏为黄棕壤, 右栏为红壤; (5): 5 g/kg, (10): 10 g/kg, (20): 20 g/kg, 下同)

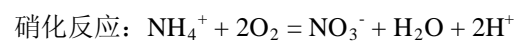
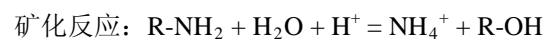
Fig. 1 Changes of soil pH during incubation added with plant materials (left side is yellow brown soil, right side is red soil)

根据统计分析结果, 黄棕壤加入 3 种植物物料后只有花生秸秆加入量为 20 g/kg 处理 pH 有显著增加 ($p < 0.05$), pH 值提高了 0.47 个单位, 其他处理的 pH 变化不显著; 而红壤加入这 3 种植物物料对土壤 pH 的影响普遍显著 ($p < 0.05$), 仅加入 5 g/kg 稻草处理 pH 值变化不显著。

当加入量分别为 5、10 和 20 g/kg 时, 紫云英使黄棕壤 pH 相对于对照分别下降了 0.07、0.14 和 0.11 个单位 (培养 51 天); 而对红壤, 紫云英分别使土壤 pH 上升了 0.08、0.18 和 0.26 个单位。黄棕壤和红壤在加入花生秸秆和稻草培养 51 天后, 土壤的 pH 均会上升, 上升的幅度与加入量成正比。当花生秸秆加入量分别为 5、10 和 20 g/kg 时, 黄棕壤 pH 分别升高了 0.05、0.17 及 0.47 个单位, 红壤 pH 分别升高了 0.19、0.34

及 0.71 个单位。相同的稻草加入量水平下, 黄棕壤 pH 分别上升了 0.06、0.09 及 0.23 个单位, 红壤 pH 分别上升了 0.05、0.16 及 0.25 个单位。

植物物料对土壤酸度的改良效果受几方面因素的影响: ①植物物料中灰化碱的释放直接中和土壤的酸度; ②微生物分解植物物料, 有机 N 矿化消耗质子, 提高了土壤的 pH 值; ③矿化产生的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化作用会释放质子, 导致土壤 pH 降低。相关反应方程式如下:



植物物料对土壤酸度的最终改良效果是上述影响因素的综合结果。对于非豆科植物如稻草, 主要是灰

化碱的作用; 对于豆科植物, 除灰化碱外, 有机 N 的矿化也使土壤 pH 升高, 但 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化反应又会降低土壤 pH, 这是紫云英使黄棕壤 pH 有所降低的主要原因 (图 1)。从培养过程中土壤 pH 的动态变化来看, 两种土壤的对照体系及加入稻草的体系, 土壤 pH 均随培养时间的延长而降低, 这主要由于土壤本来含有一定量的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 培养过程中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化导致土壤 pH 降低 (图 2)。黄棕壤加入紫云英和花生秸秆及红壤加入 5 g/kg 的紫云英和花生秸秆, 其 pH 的变化趋势也与对照和加入稻草的体系相似。红壤分别加入 10 和 20 g/kg 紫云英, 培养过程中土壤 pH 先随培养时间的延长而增加, 到 24 天时

达最大, 然后随时间的进一步延长而减小。红壤加入 20 g/kg 花生秸秆, 培养过程中土壤 pH 变化很小; 加入 10 g/kg 花生秸秆, 培养过程的前 24 天土壤 pH 的变化很小, 随后土壤 pH 随培养时间的进一步增加而降低。这是因为在培养实验的前期, 植物物料的灰化碱和有机 N 的矿化起主导作用, 导致土壤 pH 增加; 培养实验后期, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化起主导作用, 导致土壤 pH 下降。图 2 中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的结果说明了这一点, 培养实验结束时, 加紫云英处理的红壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的浓度均较对照体系高得多, 而且随紫云英加入量的增加而增加。这些结果与澳大利亚农业土壤中观察到的结果相似^[8]。

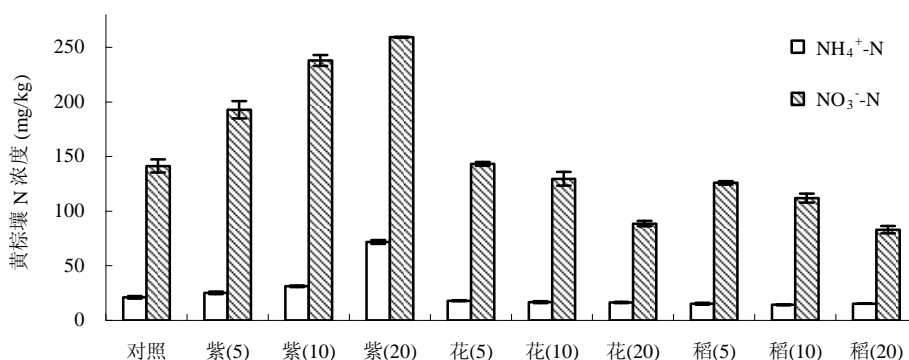


图 2 加入植物物料对土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的影响 (紫: 紫云英; 花: 花生秆; 稻: 稻草, 下同)

Fig. 2 Effects of plant materials on contents of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$

紫云英灰化碱的含量介于稻草和花生秸秆之间, 但是 N 含量却是三者中最高的, N 的矿化及硝化作用也最强, 这是红壤加紫云英处理土壤 pH 的变化趋势不同于其他处理的主要原因。花生秸秆灰化碱含量在这 3 种植物物料中最高, 但是 N 含量较低, 不及紫云英的 1/3, 所以 N 素的影响小于紫云英处理。这也是加入 20 g/kg 的花生秸秆是所有处理中改良效果最好的主要原因。稻草的灰化碱含量和 N 含量均最低, 灰化碱只有花生秸秆的 37% 和紫云英的 40%; N 含量也只有花生秸秆的 58% 和紫云英的 19%。但由于硝化作用很弱, 该类处理仍能使土壤 pH 有一定程度的提高。

两种土壤加入紫云英大幅度提高了土壤无机 N 的量, 且升高幅度随着加入量的增加而增大; 而加入花生秸秆和稻草处理土壤无机 N 均有不同幅度的降低, 且随着加入量的增大而降低更多 (图 2)。植物物料在土壤中的分解速率与植物物料本身 C/N 比有关, 土壤掺混 C/N 比低于 25 的植物物料在培养初期就可以迅速矿化出无机 N, C/N 比为 25 左右的植物物料在培养初始的 60 天内净矿化 N 量很低, 而 C/N 比高于

25 的植物物料在 210 d 的培养试验中没有有机 N 的净矿化^[22]。较高的 C/N 比不但不会有净矿化 N 的释放, 还会造成土壤 N 的生物固持^[23]。紫云英的 C/N 比为 9.5, 它施入土壤后易于分解并矿化产生 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, 随后发生硝化反应生成 $\text{NO}_3^-\text{-N}$, 这些反应随着紫云英加入量的增加而增强; 花生秸秆和稻草的 C/N 比分别为 28.6 和 47.4, 在培养期间没有净矿化 N 的产生, 同时土壤本身无机 N 存在生物固持, 从而使土壤中的无机 N 有所降低。

2.2 植物物料对茶园土壤交换性能的影响

土壤酸化使土壤交换性盐基减少, 土壤交换性酸增加。2 种酸性土壤加入 3 种植物物料培养后, 除黄棕壤加 5 g/kg 稻草外, 其他所有处理的交换性酸和交换性 Al 均比对照有所降低, 交换性盐基含量有所增加。这是因为植物物料中和了土壤酸度, 从植物物料中释放的盐基离子增加土壤交换性盐基离子的含量。比较 3 种植物物料的结果可以发现, 黄棕壤中花生秸秆的效果最好, 其次为稻草, 紫云英效果最差; 红壤中, 花生秸秆和紫云英的效果优于稻草。有机物料对

土壤交换性能的影响程度随有机物料加入量的增加而增大。以花生秸秆为例,当加入量为 20 g/kg 时,黄棕壤的交换性酸由对照的 5.45 cmol/kg 降低到 3.21 cmol/kg,下降了 41.1%;交换性盐基由 11.97 cmol/kg 增加到 14.4 cmol/kg,增加了 16.9%。红壤的交换性酸由对照的 5.17 cmol/kg 降低到 2.56 cmol/kg,下降了 50.5%;交换性盐基由 2.71 cmol/kg 增加到 5.67 cmol/kg,增加了 52.2%。相同加入量的植物物料对红壤酸度的改良效果大于其对黄棕壤酸度的改良效果。

在达到动态平衡的自然条件下,酸性土壤的酸度主要由交换性 Al 引起,交换性 H 所占比例较小^[24]。表 3 中结果表明,红壤中交换性 Al 占交换性酸的 90% 以上,而黄棕壤中交换性 Al 占交换性酸的比例较低,

在 81% ~ 87.2% 范围内。这主要由于土壤有机质对交换性酸的贡献,因为黄棕壤有机质的含量高于红壤(表 1)。黄棕壤加入有机物料培养后土壤交换性 Al 在交换性酸中所占比例下降(表 3),也是由于同样的原因。

植物物料富含盐基离子,加入植物物料后土壤交换性盐基含量增加,交换性酸减小,这导致土壤的盐基饱和度增加。与黄棕壤相比,红壤的盐基饱和度增加更显著。虽然红壤和黄棕壤的交换性酸含量相近,但由于黄棕壤的 CEC 约为红壤的 2 倍,所有培养实验前黄棕壤的盐基饱和度比红壤高得多,这是加入植物物料后红壤盐基饱和度增加更为显著的主要原因。

表 3 植物物料对土壤交换性能的影响

Table 3 Effects of plant materials on soil exchangeable properties

土壤	植物物料	交换性酸 (cmol/kg)	交换性 Al (cmol/kg)	交换性盐基 (cmol/kg)	ECEC (cmol/kg)	交换性 Al/ 交换性酸	交换性盐基 /ECEC
黄棕壤	对照	5.45	4.72	11.97	17.42	87.0%	68.7%
	紫云英(5)	5.30	4.62	12.33	17.63	87.2%	69.9%
	紫云英(10)	5.02	4.32	12.63	17.65	86.1%	71.5%
	紫云英(20)	4.36	3.55	13.75	18.11	81.4%	75.9%
	花生秆(5)	5.20	4.42	12.75	17.95	85.0%	71.0%
	花生秆(10)	4.50	3.72	12.89	17.38	82.7%	74.1%
	花生秆(20)	3.21	2.64	14.40	17.62	82.2%	81.8%
	稻草(5)	5.47	4.72	11.91	17.38	86.3%	68.5%
	稻草(10)	4.97	4.32	12.21	17.18	86.9%	71.1%
	稻草(20)	4.04	3.39	12.42	16.47	83.9%	75.4%
红壤	对照	5.17	4.94	2.71	7.88	95.6%	34.4%
	紫云英(5)	4.34	4.30	3.57	7.90	99.1%	45.1%
	紫云英(10)	3.32	3.01	4.41	7.73	90.7%	57.1%
	紫云英(20)	2.76	2.53	5.87	8.63	91.7%	68.1%
	花生秆(5)	4.61	4.37	3.71	8.32	94.8%	44.6%
	花生秆(10)	3.69	3.52	4.00	7.68	95.4%	52.0%
	花生秆(20)	2.56	2.48	5.67	8.23	96.9%	68.9%
	稻草(5)	4.76	4.72	3.45	8.21	99.1%	42.0%
	稻草(10)	4.56	4.40	3.62	8.18	96.5%	44.3%
	稻草(20)	3.66	3.60	4.07	7.73	98.3%	52.6%

注:交换性盐基:交换性K、Na、Ca、Mg之和;ECEC:有效阳离子交换量,等于交换性酸与交换性盐基之和;用交换性盐基/ECEC代表土壤的盐基饱和度。

2.3 植物物料加入量对茶园土壤可溶性铝的影响

加入不同植物物料后土壤可溶性 Al 变化趋势与土壤 pH 的变化趋势相似(图 3)。黄棕壤加入紫云英使土壤 pH 降低,所以导致土壤可溶性 Al 比对照增加,而加入花生秸秆和稻草均使土壤可溶性 Al 浓度减

小,可溶性 Al 的降低幅度随着有机物料加入量的增加而增加。花生秸秆处理可溶性 Al 的降幅大于稻草处理。3种植物物料均使红壤可溶性 Al 浓度显著减小,花生秸秆比紫云英和稻草使可溶性 Al 的降幅更大,这也与土壤 pH 的结果一致。

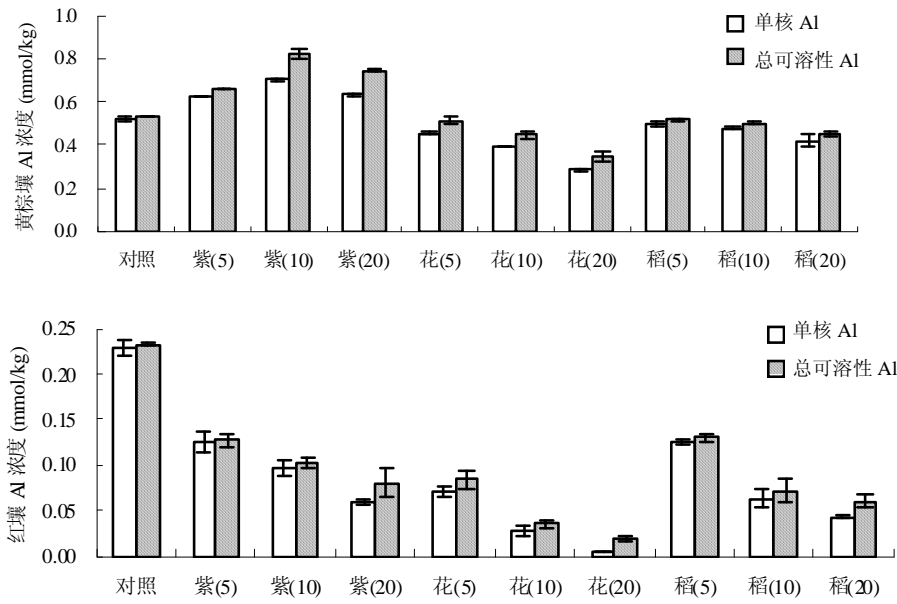


图 3 植物物料对土壤单核 Al 和总可溶性 Al 的影响

Fig. 3 Effects of plant materials on contents of monomeric Al and total soluble Al in soil solution

从图 3 中还可以比较植物物料对土壤单核 Al 与总可溶 Al 比值的影响。黄棕壤对照的比值为 0.98，加紫云英后比值为 0.85 ~ 0.95，花生处理的比值为 0.82 ~ 0.88，稻草处理的比值为 0.93 ~ 0.96；红壤对照处理中单核 Al 与总可溶性 Al 的比值为 0.99，加紫云英处理的比值为 0.74 ~ 0.98，花生处理的比值为 0.29 ~ 0.85，稻草处理的比值 0.72 ~ 0.96。这是由于植物物料对土壤酸度的中和作用及植物物料分解产生的

可溶性有机物质的络合作用增加了土壤聚合形态 Al 所占的比例，使单核 Al 所占比例下降^[25]。

土壤中对作物有毒害作用的 Al 通常指 Al^{3+} 和各种羟基态 Al^[26-27]；对作物无毒害作用的 Al 是指聚合态 Al、有机单核 Al 和 Al-F 络合物^[28]。加入植物物料培养后土壤中 2 种形态 Al 的变化趋势与可溶性 Al 的变化趋势相一致（图 4）。红壤中有毒害作用 Al 的量普遍高于黄棕壤；而黄棕壤中对作物无毒

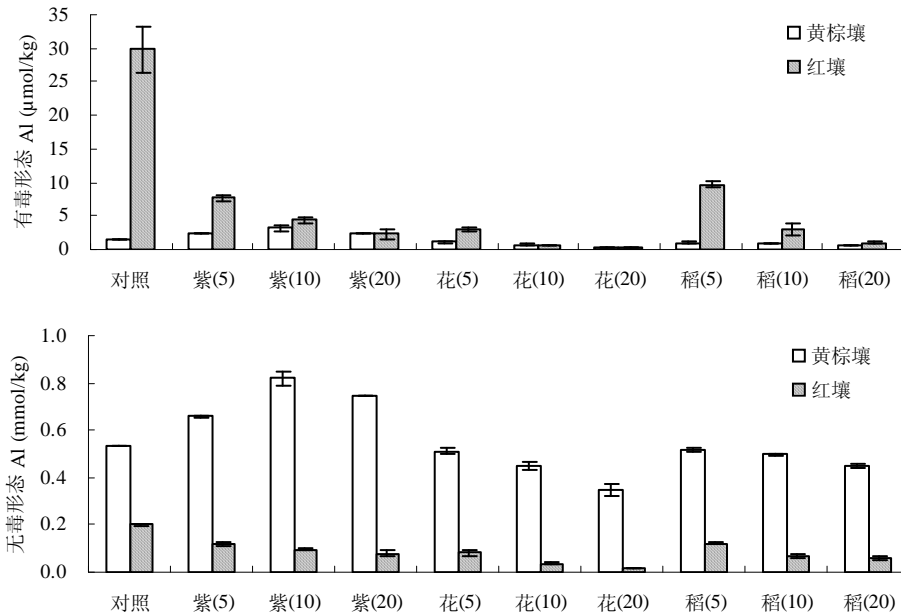


图 4 加入植物物料对土壤有毒形态 Al 和无毒形态 Al 浓度的影响（有毒形态 Al： Al^{3+} 、各种羟基态 Al 之和；无毒形态 Al：聚合态 Al、有机单核 Al、Al-F 络合物之和）

Fig. 4 Effects of plant materials on contents of toxic species of Al and non-toxic species of Al in soil solution

害作用 Al 的量普遍高于红壤,这主要因为黄棕壤中 Al-F 络合物的浓度远高于红壤。这些结果说明,虽然红壤和黄棕壤的 pH 相近,但红壤上生长的植物更易受 Al 毒的危害。我们的盆栽实验结果也说明了这一点,在不施肥的情况下黄棕壤上油菜和玉米的生长情况均好于红壤,生物量也是前者高于后者(数据未列出)。

红壤加入有机物料后,有毒形态 Al 的浓度显著减小,说明红壤施用有机物料可以缓解 Al 对植物的毒害。加入有机物料后,红壤中无毒形态 Al 具有相似的变化趋势。黄棕壤中加入花生秸秆和稻草增加了土壤的 pH 值,从而降低了土壤有毒形态 Al 的浓度,加入紫云英降低了黄棕壤的 pH 值,使有毒形态 Al 和无毒形态 Al 的浓度均增加。

3 结论

本文研究结果表明,植物物料对茶园红壤酸度的改良效果明显优于其对茶园黄棕壤酸度的改良效果。植物物料对土壤 pH 影响的程度和方向主要取决于植物物料的灰化碱和 N 含量,灰化碱和有机 N 的矿化使土壤 pH 升高, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 硝化过程中释放的质子使土壤 pH 降低。花生秸秆的灰化碱含量最高, N 含量介于稻草和紫云英之间,它对 2 种茶园土壤酸度的改良效果均最显著。紫云英使红壤酸度降低,但使黄棕壤的酸度有一定程度的增加。稻草对 2 种土壤酸度均有一定程度的改良作用。有机物料使红壤中有毒形态 Al 的浓度显著减小,说明施用植物物料可以缓解红壤中 Al 对植物的毒害。在本文研究的 5~20 g/kg 范围内,植物物料对土壤酸度的改良效果随植物物料加入量的增加而增加。

参考文献:

- [1] 廖万有. 我国茶园土壤的酸化及其防治. 农业环境保护, 1998, 17(4): 178-180
- [2] Pansombat K, Kanazawa S, Horiguchi T. Microbial ecology in tea soils. I. Soil properties and microbial populations. Soil Sci. Plant Nutr., 1997, 43: 317-327
- [3] OH K, Kato T, Li ZP, Li FY. Environmental problems from tea cultivation in Japan and a control measure using calcium cyanamide. Pedosphere, 2006, 16: 770-777
- [4] 丁瑞兴, 黄晓. 茶园—土壤系统铝和氟的生物地球化学循环及其对土壤酸化的影响. 土壤学报, 1991, 28(3): 229-236
- [5] Han WY, Kemmitt SJ, Brookes PC. Soil microbial biomass and activity in Chinese tea gardens of varying stand age and productivity. Soil Biol. Biochem., 2007, 39: 1468-1478
- [6] Tate RL. Soil Microbiology. Wiley, New York, 1995: 398
- [7] Noble AD, Zenneck T, Randall PJ. Litter ash alkalinity and neutralization of soil acidity. Plant Soil, 1996, 179: 293-302
- [8] Xu RK, Coventry DR. Soil pH changes associated with lupin and wheat plant materials incorporated in a red-brown earth soil. Plant Soil, 2003, 250: 113-119
- [9] Tang C, Yu Q. Impact of chemical composition of legume residues and initial soil pH on pH change of a soil after residue incorporation. Plant Soil, 1999, 215: 29-38
- [10] Yan F, Schubert S. Soil pH changes after application of plant shoot materials of faba bean and wheat. Plant Soil, 2000, 220: 279-287
- [11] Pocknee S, Sumner ME. Cation and N contents of organic matter determine its soil liming potential. Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 86-92
- [12] Xu JM, Tang C, Chen ZL. The role of plant residues in pH change of acid soils differing in initial pH. Soil Biol. Biochem., 2006, 38: 709-719
- [13] Hue NV, Amien I. Aluminum detoxification with green manures. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 1989, 20: 1499-1511
- [14] Kretzschmar RM, Hafner H, Bationo A. Long- and short-term effects of crop residues on aluminum toxicity, phosphorus availability and growth of pearl millet in an acid sandy soil. Plant Soil, 1991, 136: 215-223
- [15] Bessho T, Bell LC. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. Plant Soil, 1992, 140: 183-196
- [16] Naramabuye FX, Haynes RJ. The liming effect of five organic manures when incubated with an acid soil. J. Plant Nutr. Soil Sci., 2007, 170: 615-622
- [17] 姜军, 徐仁扣, 李九玉, 赵安珍. 两种植物物料改良酸化茶园土壤的初步研究. 土壤, 2007, 39(2): 322-324
- [18] Slattery WJ, Ridley AM, Windsor SM. Ash alkalinity of animal and plant products. Aust. J. Experi. Agri., 1991, 31: 321-324
- [19] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [20] 李九玉, 徐仁扣, 季国亮. 8-羟基喹啉(pH8.3)分光光度法测定酸性土壤中的可溶性铝. 土壤, 2004, 36(3): 307-309
- [21] 徐仁扣, 季国亮. pH对酸性土壤中铝的溶出和铝离子形态分布的影响. 土壤学报, 1998, 35(2): 162-171
- [22] 鲁彩艳, 陈欣. 有机碳源对不同C/N比有机物料氮矿化进程的影响. 中国科学院研究生院学报, 2004, 21(1): 108-112
- [23] 李世清, 李生秀. 有机物料在维持土壤微生物体氮库中的作用.

- 生态学报, 2001, 21(1): 136-142
- [24] 于天仁. 土壤化学原理. 北京: 科学出版社, 1987: 348
- [25] Haynes RJ, Mokolobate MS. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*, 2001, 59: 47-63
- [26] Parker DR, Kinraide TB, Zelazny LW. On the phytotoxicity of polynuclear hydroxyl- aluminum complexes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1989, 53: 789-796
- [27] Kochian LV. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 1995, 46: 237-260
- [28] Konishi S, Miyamoto S. Alleviation of aluminum stress and stimulation of tea pollen tube growth by fluorine. *Plant Cell Physiol.*, 1983, 23: 857-862

Amelioration Effects of Three Plant Materials on Acid Tea Garden Soils

WANG Ning^{1,2}, LI Jiu-yu^{1,2}, XU Ren-kou¹

(1 *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing 210008, China;*

2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The amelioration effects of rice straw, peanut straw and Chinese milk vetch shoot on the acidity of red soil and yellow brown soil from tea gardens were examined with the incubation experiments at three levels of plant materials, i.e., 5, 10 and 20 g/kg added. After the soils incubated with plant materials, soil exchangeable acid and exchangeable Al decreased while exchangeable base cations and base cation saturation increased. For yellow brown soil added with Chinese milk vetch, soil pH increased to some extent compared with control. The amelioration effects of plant materials on soil acidity depend on the ash alkalinity and N content in plant materials. The ash alkalinity and mineralization of organic N increased soil pH, while nitrification of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ decreased soil pH. The amelioration effect of peanut straw on soil acidity was greater than Chinese milk vetch shoot and rice straw. The incorporation of plant materials into soils resulted in the decline of toxic species of Al obviously in soils, which suggest that the addition of plant materials could alleviate aluminum toxicity to plants in acid soils.

Key words: Plant materials, Tea garden soil, Amelioration of soil acidity, Soil pH, Exchangeable Al, Soluble Al